



ArcheoSciences
Revue d'archéométrie

31 | 2007
Varia

Cadre climatique et environnemental des acheuléens de la grotte du Lazaret, à Nice. Données paléontologiques, biogéochimiques et radiométriques établies sur les faunes de vertébrés et d'invertébrés

*Climatic and environmental conditions of the Acheuleans from Lazaret Cave in
Nice. Paleontologic, biogeochemical and radiometric data from vertebrate and
invertebrate fauna*

**Patricia Valensi, Salvador Bailon, Véronique Michel, Emmanuel Desclaux,
Louis Rousseau, Gérard Onoratini, Dominique Genty, Dominique Blamart
et Henry de Lumley**



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/844>
DOI : 10.4000/archeosciences.844
ISBN : 978-2-7535-1596-3
ISSN : 2104-3728

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2007
Pagination : 137-150
ISBN : 978-2-7535-0618-3
ISSN : 1960-1360

Référence électronique

Patricia Valensi, Salvador Bailon, Véronique Michel, Emmanuel Desclaux, Louis Rousseau, Gérard Onoratini, Dominique Genty, Dominique Blamart et Henry de Lumley, « Cadre climatique et environnemental des acheuléens de la grotte du Lazaret, à Nice. Données paléontologiques, biogéochimiques et radiométriques établies sur les faunes de vertébrés et d'invertébrés », *ArcheoSciences* [En ligne], 31 | 2007, mis en ligne le 31 décembre 2009, consulté le 30 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/844> ; DOI : 10.4000/archeosciences.844

Cadre climatique et environnemental des acheuléens de la grotte du Lazaret, à Nice. Données paléontologiques, biogéochimiques et radiométriques établies sur les faunes de vertébrés et d'invertébrés

*Climatic and environmental conditions of the Acheuleans from Lazaret Cave in Nice.
Paleontologic, biogeochemical and radiometric data from vertebrate
and invertebrate fauna*

Patricia VALENSI*, Salvador BAILON*, Véronique MICHEL**, Emmanuel DESCLAUX*,
Louis ROUSSEAU***, Gérard ONORATINI***, Dominique GENTY****, Dominique
BLAMART***** et Henry DE LUMLEY***

Résumé : L'évolution climatique et environnementale enregistrée dans la grotte du Lazaret a été établie à partir de l'étude des faunes des vertébrés (mammifères, amphibiens, reptiles) et des mollusques marins, et placée dans le cadre chronologique du Quaternaire. Les faunes de vertébrés permettent d'attribuer les dépôts archéologiques (complexe C) à la dernière période glaciaire du Pléistocène moyen (OIS 6). Leurs exigences écologiques mettent en évidence une certaine variété de paysages continentaux et un climat plus frais et plus humide que l'actuel climat méditerranéen. L'étude $\delta^{18}\text{O}$ ‰ des mollusques marins d'origine anthropique a montré que lors du dépôt de ces formations continentales, la température de la Méditerranée était globalement plus froide que celle de la mer actuelle et surtout des mers transgressives des stades isotopiques 7 et 5^e enregistrées dans le site et à proximité. La présence de littorines nordiques (*L. fabalis* et *L. saxatilis*) dans les ensembles stratigraphiques C II sup. et surtout C III, confirme ce refroidissement amorcé au stade 6,4, amplifié au stade 6,2 avec un petit adoucissement lors du dépôt de l'unité archéostratigraphique UA25 (stade 6,3). La méthode ESR/U-Th combinée appliquée à l'émail dentaire de cerfs confirme l'attribution de l'ensemble stratigraphique C II supérieur au stade isotopique 6 de l'oxygène. Les résultats sont compatibles avec les repères chronologiques sous et sus-jacents au complexe stratigraphique C, que constituent d'une part, le niveau marin B inférieur dont l'âge maximal est de 238 ka et d'autre part, le plancher stalagmitique supérieur E qui se serait formé au cours des stades isotopiques 5, 4 et 3 d'après les datations U-Th.

* Laboratoire Départemental de Préhistoire du Lazaret, 33 bis Boulevard Franck-Pilatte, F-06300 Nice. (valensi@lazaret.unice.fr) (sbailon@lazaret.unice.fr) (manu@lazaret.unice.fr)

** Géosciences Azur – Université de Nice-Sophia Antipolis, parc Valrose, F-06108 cedex 02; Cépam, UMR 6130 CNRS, 250 rue Albert-Einstein, F-06560 Valbonne. (vmichel@cepam.cnrs.fr)

*** Département de Préhistoire MNHN – Institut de Paléontologie Humaine, 1 Rue René-Panhard, F-75013 Paris.

**** Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Unité mixte CEA-CNRS, L'Orme Les Merisiers, F-91191 Gif-sur-Yvette. (dominique.genty@cea.fr)

***** Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Unité mixte CEA-CNRS, Bâtiment 12, Avenue de la Terrasse, F-91198 Gif-sur-Yvette.

Abstract : The palaeoclimatic and palaeoenvironmental evolution recorded within of the sedimentary sequence from the prehistoric cave of Lazaret has been established from the faunal studies carried out on large mammals, rodents, herpetofauna and molluscs, as part of a well defined cultural and chronological framework. The fauna of the vertebrates shows that the archaeological deposits (Complex C) date from the last glacial period of the Middle Pleistocene (OIS 6). The fauna is representative of varied environments and of cooler and especially more humid conditions than the present Mediterranean climate. Relative proportions of species show clearly a cooling period towards the summit of the deposit. The $\delta^{18}\text{O}$ ‰ study performed on small marine gastropods of an anthropogenic origin, has shown that at the time of continental formations, the temperature of the Mediterranean was globally colder than that of the present sea and especially that of transgressive phases at stages 7 and 5e recorded on site and in surrounding areas. The presence of Nordic littorinids (*L. fabalis* and *L. saxatilis*) in the stratigraphic ensembles C II superior and especially C III, confirms this cooling initiated at stage 6.4, intensified at stage 6.2, with a mild warming up at the time of the deposit of the stratigraphical unit UA 25 (stage 6.3). The ESR/U-Th combined method applied to the tooth enamel of deer from archaeological levels of the stratigraphical ensemble C II superior of the excavations performed at the entrance and centre of the cave, allows us to consider the archaeological levels contemporary to OIS 6. The results are compatible with the chronological landmark adjacent below and above stratigraphical Complex C, which constitute, on the one hand, the marine level B inferior, whose age is more recent than 238 ka and on the other hand, the stalagmitic floor superior E which would have been formed during isotopic stages 5, 4 and 3 according to the U-Th dating.

Mots clés : Datations radiométriques, Littorinidae, Méditerranée, Paléotempérature, Pléistocène moyen final, Vertébrés.

Key words: Littorinidae, Mediterranean, Palaeotemperature, Radiometric dating, Upper Middle Pleistocene, Vertebrates.

1. INTRODUCTION

La grotte du Lazaret, vaste cavité qui s'ouvre actuellement à 26 m d'altitude dans les calcaires jurassiques du mont Boron à Nice, a livré une succession de niveaux d'occupation humaine attribués à des *Homo erectus* européens ou anténéandertaliens (Fig. 1, Tableau 1).

Du fait de sa position en bordure de la Méditerranée, elle conserve d'anciens niveaux marins correspondant à deux phases marines transgressives. Le niveau marin inférieur (plage A), très induré, ne contient pas de fossiles. Son altitude, à 18,7 m par rapport à la mer actuelle, et comparée aux autres plages fossiles du mont Boron, permet de l'attribuer au stade isotopique 9 de l'oxygène (OIS 9) (Lumley *et al.*, 2001). La plage sus-jacente (plage B), plus meuble et située à 20,2 m d'altitude, correspond à un cordon littoral de galets, riche en coraux et en mollusques marins. Grâce à ces organismes, nous avons pu réaliser l'étude des paléotempératures de la Méditerranée.

Ces dépôts marins sont surmontés d'un remplissage continental (complexe stratigraphique C), puissant de 6 mètres d'épaisseur et constitué d'argiles plus ou moins riches en cailloux, lui-même scellé par un épais plancher stalagmitique E. Ce complexe stratigraphique C, qui se subdivise en trois grands ensembles stratigraphiques C I, C II et C III, correspond aux niveaux archéologiques. La base du dépôt continental (ensembles C II inférieur et C I) n'est bien connue que par le puits creusé à l'entrée de la grotte au XIX^e siècle, le sondage du centre de la cavité et par les fouilles plus anciennes de F. C. E. Octobon (Locus VIII).

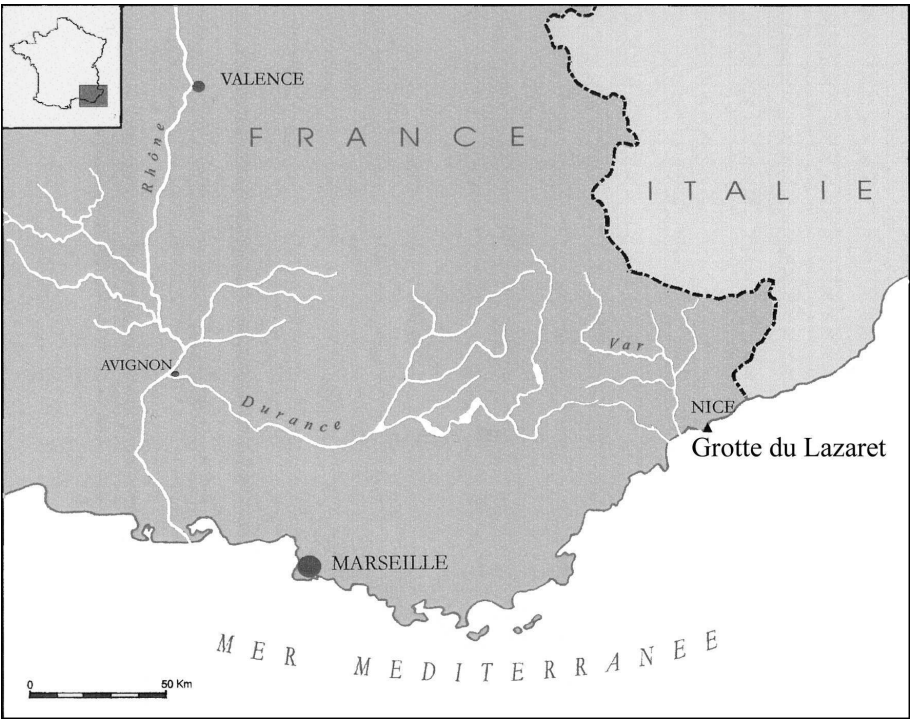
En revanche, les fouilles systématiques conduites par Henry de Lumley, à l'entrée de la grotte depuis 1967, ont mis au jour vingt-six unités archéostratigraphiques (UA) dans les ensembles stratigraphiques C III (UA 1 à UA 12) et C II supérieur (UA 13 à UA 26). Les analyses multidisciplinaires ont montré que le site était occupé par des groupes de chasseurs de grands herbivores (essentiellement de cerfs et de bouquetins), qui revenaient dans la caverne, à intervalles plus ou moins réguliers. Les plus anciens occupants de la grotte sont porteurs d'une culture de l'Acheuléen supérieur, caractérisée par une industrie lithique riche en bifaces, à rare débitage levallois. Cette industrie annonce, dans la continuité d'une très lente évolution, celle de l'Acheuléen final, puis du Prémoustérien au sommet du remplissage (Cauche, 2002 ; Lumley *et al.*, 2004).

Dans le but d'installer des litières ou d'alimenter leur foyer dans la grotte, les hommes ont involontairement apporté divers mollusques marins en ramassant des algues et des matras de posidonies échouées sur le rivage (Lumley *et al.*, 2004). Tous ces organismes marins permettent de mieux appréhender le rivage marin de l'époque, méconnu jusqu'à aujourd'hui.

Les études paléontologiques et biochimiques, établies sur les faunes de vertébrés et d'invertébrés provenant de la majorité du remplissage, sont présentées dans le cadre de ce travail ainsi que les résultats synthétiques obtenus en datation.

Figure 1 : Situation de la grotte du Lazaret.

Figure 1: Lazaret cave location.



Complexe stratigraphique	Unité archéo-stratigraphique	Log stratigraphique	Nature lithologique	Industrie préhistorique	Datation (ka)	δ ¹⁸ O (‰) coquilles mollusques marins	% littorines *	OIS
						2 1 0 -1 -2		
Plage de la baie de Villefranche			plage marine actuelle		Actuel	+ 0,2		1
E + Villa Marcella			plancher stalagmitique + plage marine (tyrrhénienne) à <i>Strombus bubonius</i> en contrebas de la grotte brèche de fermeture		44 ↓ 108	- 0,5	0%	4
					70 ↓ 130			5
D C	C III	UA 1 à UA 12	cailloutis à matrice argilo-limono-sableuse	Prémoustérien sans biface Acheuléen final à rares bifaces	130	+ 1,5		6,2
	C II sup.	UA 13 à UA 24	argiles limoneuses à rare cailloux	Acheuléen supérieur riche en bifaces	160	+ 0,8		6,3
	C II inf.	UA 25	cailloutis argileux à gros blocs			+ 0,5		6,4
	C I		argiles limono-sableuses cailloutis à gros blocs			+ 1,4		6,5
								6,6
B			plage marine à gros galets		< 238	-1,0		7
A			plage marine indurée					9

* littorines nordiques : *L. fabalis* et *L. saxatilis*
 littorines méditerranéennes : *M. neritoides*

frais
 tempéré

Tableau 1 : Tableau synthétique de la grotte du Lazaret : stratigraphie, évolution de l'industrie, datations absolues, valeur moyenne du δ¹⁸O, pourcentages de Littorinidae et stades isotopiques de l'oxygène.

Table 1: Synthetic table of Lazaret cave: stratigraphy, lithic tool evolution, radiometric data, δ¹⁸O mean value, percentage of Littorinidae and Oxygen isotopic stages.

2. LES DONNÉES PALÉONTOLOGIQUES

Les grands mammifères (P. V.)

Biostratigraphie

La faune de grands mammifères est riche de vingt-deux taxons comprenant neuf espèces carnivores et treize ongulés (Tableau 2). Le cerf élaphe *Cervus elaphus*, largement représenté avec plus de 70 % des restes, a fait l'objet d'une étude morphologique et biométrique sur le matériel dentaire en s'appuyant d'une part sur l'évolution morphométrique de l'espèce et d'autre part sur les modifications de taille d'ordre climatique (loi de Bergmann) (Valensi *et al.*, 2004). Nous présentons ici l'analyse à composantes principales (Fig. 2), à partir des dimensions (longueurs, largeurs) des dents jugales de différentes populations de cerfs du sud de la France. L'axe 1 qui peut se définir comme un axe de taille, permet de séparer les cerfs de petite taille ayant évolué sous climat tempéré, des grands cerfs de climat frais. L'axe 2, considéré comme l'axe de robustesse des dents, individualise les populations du Pléistocène supérieur de celles du Pléistocène moyen. Le cerf élaphe du Lazaret, de forte taille, aux dents complexes, correspond à une population ayant évolué sous climat frais, d'âge Pléistocène moyen. D'autres espèces apportent également, par leur degré d'évolution, des précisions biochronologiques. Ainsi, le bouquetin qui s'inscrit

dans la lignée alpine *Capra ibex* présente des caractères morphologiques plus archaïques que ceux du Pléistocène supérieur : sur les P3 et P4 inférieures, le métaconide est absent ou non dilaté; et sur les M3 supérieures, l'aile métastylaire est bien individualisée mais moins développée au niveau distal que sur les populations du Pléistocène supérieur étudiées par E. Crégut-Bonnoure (1992). Le loup, d'assez faible taille, correspond à un stade évolutif bien connu de l'espèce nominale *Canis lupus*, avec des dimensions dentaires caractéristiques de l'extrême fin du Pléistocène moyen; le lynx des cavernes *Lynx spelaea* et l'ours de cavernes *Ursus spelaeus* présentent également des caractères morphologiques plus archaïques que chez les populations du Pléistocène supérieur (Valensi, 1994; Lumley *et al.*, 2004).

Paléoécologie

Plusieurs espèces du Lazaret caractérisent des environnements plus ou moins forestiers, sous climat tempéré : cerfs, chevreuils, aurochs, éléphants antiques, chats sauvages, etc. Quelques espèces dites « froides » sont néanmoins présentes dans l'assemblage : *Rangifer tarandus* (sommet de C III), *Coelodonta antiquitatis* (ensembles C III et C II), *Bison priscus* (ensemble C III et plus rarement C II). De plus, le renard roux *Vulpes vulpes*, dont l'espèce suit la loi écologique de Bergmann, correspond par sa forte taille, aux formes vivant actuellement plus au nord que le 50° de latitude Nord

	Ensemble stratigraphique C III								Ensemble stratigraphique C II supérieur			
	UA A : sols 1-4		UA B : sols 5-7		UA C : sols 8-9		UA D : sols 10-12		UA E : sols 13-18		UA 25	
	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI
Carnivora												
<i>Canis lupus</i>	165	7	123	4	103	4	100	4	56	6	13	2
<i>Vulpes vulpes</i>	64	3	33	5	42	3	15	3	5	2	1	1
<i>Panthera (Leo) spelaea</i>	-	-	2	1	-	-	3	1	2	1	-	-
<i>Panthera pardus</i>	28	2	15	2	17	1	16	1	9	1	-	-
<i>Lynx spelaea</i>	38	2	32	3	30	2	38	2	18	2	3	1
<i>Felis silvestris</i>	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	1
<i>Ursus spelaeus</i>	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
<i>Ursus arctos</i>	4	1	3	1	5	1	6	1	1	1	3	1
<i>Meles meles</i>	5	1	4	2	2	1	3	1	1	1	-	-
Artiodactyla												
<i>Cervus elaphus</i>	1385	21	1081	15	1183	19	1228	22	725	22	1069	23
<i>Dama dama</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Rangifer tarandus</i>	9	1	1	1	4	2	1	1	-	-	-	-
<i>Capreolus capreolus</i>	6	1	5	1	6	1	6	1	5	2	33	1
<i>Megaloceros giganteus</i>	2	1	1	1	2	1	2	1	3	1	-	-
<i>Capra ibex</i>	366	8	268	10	297	11	230	5	91	5	109	6
<i>Bos primigenius</i>	-	-	1	1	1	1	-	-	6	2	49	3
<i>Bison priscus</i>	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	-	-
<i>Bos/Bison</i>	24	(+1)	14	(+2)	30	(+1)	18	-	45	-	-	-
<i>Rupicapra rupicapra</i>	2	1	5	2	2	1	5	2	3	1	2	1
Perissodactyla												
<i>Stephanorhinus hemitoechus</i>	8	1	1	1	2	1	3	1	2	1	-	-
<i>Coelodonta antiquitatis</i>	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
<i>Equus caballus cf. taubachensis</i>	20	2	18	2	11	1	18	2	6	1	-	-
Proboscidea												
<i>Elephas antiquus</i>	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	2	1

Tableau 2 : Quantification en NR et NMI des grands mammifères par unité archéostratigraphique (UA) de la grotte du Lazaret.

NR : nombre de restes, NMI : nombre minimal d'individus.

Table 2: Large mammals quantification in terms of NISP and MNI per archaeostratigraphical unit (UA) of Lazaret cave.

NISP: number of identified specimens, MNI: minimum number of individuals.

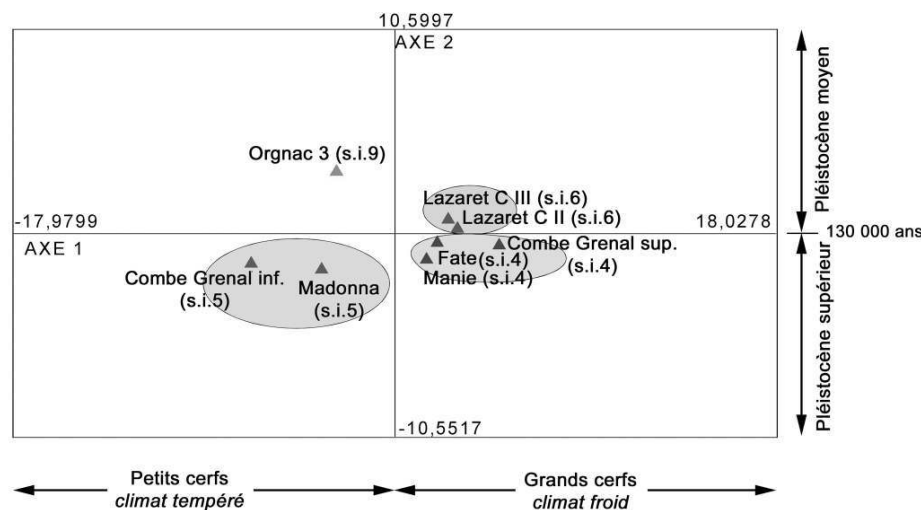


Figure 2 : Analyse à composantes principales (ACP) effectuée à partir de la biométrie (longueur et largeur maximum) des dents jugales supérieures et inférieures de *Cervus elaphus* de plusieurs sites du sud de la France (Lazaret, Orgnac 3, Combe-Grenal inf. et sup.) et de Ligurie (Madonna dell'Arma, Caverna delle Fate, Arma delle Manie) (in Valensi *et al.*, 2004 modifié; Lumley *et al.*, 2004).

Données d'Orgnac 3 (Aouraghe, 1992), Combe-Grenal (Guadelli, 1987), Caverna delle Fate et Arma delle Manie (Psathi, 2003).

Figure 2 : Principal component analysis (PCA) based on biometry (maximum length and width) of upper and lower molars and premolars of *Cervus elaphus* from different sites in Southern France (Lazaret, Orgnac 3, Combe-Grenal upper and lower levels) and Liguria (Madonna dell'Arma, Caverna delle Fate, Arma delle Manie) (in Valensi *et al.*, 2004 modified; Lumley *et al.*, 2004).

Data from Orgnac 3 (Aouraghe, 1992), Combe-Grenal (Guadelli, 1987), Caverna delle Fate and Arma delle Manie (Psathi, 2003).

(Allemagne, Pologne) (Clot, 1980). Toutes ces faunes, marquant une forte richesse taxinomique, concourent à définir une mosaïque de paysages, sous un climat nettement plus frais que le climat actuel.

L'étude des faunes du Lazaret couplée à celle de plusieurs gisements moustériens (OIS 5 à 3) de même contexte géographique montre que les associations fauniques ont peu varié dans la région, depuis le stade isotopique 6 jusqu'au stade isotopique 3 (Valensi et Psathi, 2004). Le cerf domine dans pratiquement tous les assemblages régionaux, durant les phases froides ou tempérées de la fin du Pléistocène moyen et de la première partie du Pléistocène supérieur. La dominance de cette espèce, qui peut s'expliquer par son abondance naturelle dans l'environnement mais aussi par son meilleur rendement pour les préhistoriques, en termes de chasse, transport et de traitement, masque quelque peu les oscillations climatiques. Les espèces secondaires sont en revanche plus intéressantes car leurs représentations peuvent être mises en parallèle avec les variations climatiques. Lors des phases froides, les espèces secondaires sont représentées selon les gisements, par le bouquetin, le bison ou le chamois.

Lors des phases tempérées, les espèces secondaires correspondent au chevreuil, au sanglier ou à l'aurochs.

Le spectre faunique du Lazaret composé essentiellement de cerfs et de bouquetins, caractérise bien une période froide. Les variations de proportions enregistrées entre les deux taxons *Cervus* et *Capra* sont interprétées ici comme le résultat d'oscillations climatiques. On notera en particulier un refroidissement général de la base (C I et C II) au sommet du remplissage (C III). Dans l'ensemble supérieur C III, le bouquetin est plus abondant, le renne est présent par quelques restes, le bison et le cheval sont mieux représentés. L'ensemble C II comprend en revanche une faune plus tempérée avec plus de cerfs, d'aurochs, de chevreuils et moins de bouquetins. Le chat sauvage est présent en C II, le sanglier en C I.

D'autres analyses paléoécologiques conduites sur les grands mammifères (proportions relatives des espèces, groupes écologiques, cénogrammes, indices climatiques) définissent aussi un climat général plus frais mais surtout plus humide que l'actuel climat méditerranéen (Valensi et Abbassi, 1998).

Pour conclure, le cachet tempéré des faunes du Lazaret semble lié à la position géographique du gisement. Pendant les périodes glaciaires, les Alpes-Maritimes et la Ligurie ont joué le rôle de réservoir d'espèces tempérées, se redéployant lors de périodes climatiques plus clémentes. On notera d'ailleurs la persistance, dans la région méditerranéenne durant le dernier interglaciaire (OIS 5), d'espèces reliques du Pléistocène moyen, comme le dhole archaïque *Cuon priscus* et l'hyène rayée (*Hyena prisca*), confirmant le rôle de cette région comme zone refuge (Psathi, 2003).

Les micromammifères (E. D.)

Biostratigraphie

Parmi les 30 espèces de micromammifères identifiées dans la grotte du Lazaret, certains rongeurs présentent un intérêt biostratigraphique. En effet, la morphologie des prémolaires et des molaires inférieures du lérot (*Eliomys quercinus*) présente des affinités avec la forme archaïque *Eliomys quercinus helleri* Janossy, 1962 qui est largement répandue en Europe occidentale durant le Pléistocène moyen. D'autre part, si on se réfère aux travaux concernant l'évolution de l'indice d'épaisseur d'email des *Arvicola*, dénommé SDQ selon la nomenclature élaborée par W. D. Heinrich (1978, 1982), du Quaternaire d'Europe méditerranéenne au cours du Pléistocène supérieur (Abbassi *et al.*, 1998; Desclaux *et al.*, 2000), les indices obtenus pour les *Arvicola* provenant des ensembles CII (N = 47, SDQ = 107.9) et CIII (N = 8, SDQ = 108.6) confirment l'âge Pléistocène moyen final (stade isotopique 6, saalien) de la séquence.

Paléoécologie

L'ensemble de la communauté des micromammifères est homogène de la base au sommet du remplissage continental de la grotte du Lazaret (Tableau 3). Cette association indique la présence de milieux variés dans les environs du site, avec une bonne représentation des milieux ouverts humides (prairie) et des zones boisées (forêt tempérée). Elles suggèrent également un climat de type continental, froid et humide. Ce caractère est cependant limité par la situation méridionale du site. On évoquera par conséquent un climat plus frais que l'actuel.

Les amphibiens et les reptiles (S. B.)

Les amphibiens et les reptiles de la grotte du Lazaret sont représentés par 6 taxons d'amphibiens et 12 taxons de reptiles (Tableau 4). Parmi ceux-ci, *Bufo bufo*, *Rana temporaria*, *Anguis fragilis*, *Coronella austriaca* et les représentants du genre *Vipera*, constituent 66 % du nombre de restes total déter-

miné. Il s'agit de taxons avec une large distribution en Europe occidentale dont leur présence actuelle en région méditerranéenne se fait à la faveur des biotopes les plus frais et humides tels que les zones de montagne et les vallées (Geniez et Cheylan, 1987). Par contre, les taxons thermophiles (taxons à caractère méditerranéen), tels que *Malpolon*, *Elaphe scalaris*, *Coluber viridiflavus* et *Lacerta lepida* ne sont représentés dans le gisement que par un très faible pourcentage (environ 0,5 % du nombre total de restes). Ces considérations suggèrent que, pendant le Pléistocène moyen, le climat de la région devait être globalement plus frais et plus humide que l'actuel. Ce rafraîchissement se voit renforcé par la présence, bien que ponctuelle, des taxons à caractère actuellement montagnard dans la région (*Triturus alpestris* et *Vipera ursinii*).

La distribution des espèces majoritaires (*Pelodytes punctatus*, *Bufo bufo*, *B. calamita*, *Rana temporaria*, *Anguis fragilis* et *Vipera aspis*) reste assez homogène tout au long de la séquence stratigraphique, indiquant une relative homogénéité climatique. Cependant, quelques fluctuations mineures peuvent être suggérées (léger réchauffement) grâce à la présence ponctuelle de taxons thermophiles : *Malpolon* et *Lacerta lepida* dans la partie supérieure de l'ensemble C III, *Coluber viridiflavus*, *Elaphe scalaris*, *Coronella girondica* et abondance de lacertidés dans les unités supérieures de l'ensemble C II.

Les mollusques marins (S. B. et G. O.)

L'analyse des mollusques marins de la grotte du Lazaret a été conduite durant de longues années par J. Cataliotti-Valdina (1984), puis reprise par deux d'entre nous, notamment en ce qui concerne les récoltes provenant de l'UA 25 et de petits prélèvements au niveau de la plage B.

Complexe stratigraphique B (Plage marine B)

Ce complexe correspond à une plage marine à gros galets présentant un âge maximal de 238 ka (Bahain, 1993; Michel et Yokoyama, 2001 et ce travail).

Cette plage s'est révélée très riche en organismes marins puisque près de 50 espèces de mollusques y ont été déterminées. Il s'agit d'une faune de type méditerranéen banal qui ne contient pas encore les espèces caractéristiques de la faune chaude sénégalienne qui arriveront au début du Pléistocène supérieur (stade isotopique 5,5).

C'est le genre *Bittium* et les espèces *Cerithium alucaster* et *Melarhaphé neritoides* qui dominent largement parmi les gastéropodes; *Patella caerulea* et *Muricopsis cristata* sont aussi bien représentées. Enfin, les bivalves sont dominés par *Spondylus gaederopus*, espèce absente des formations marines d'Europe septentrionale, qui indique une mer tempérée.

	Ensemble stratigraphique C III				Ensemble stratigraphique C II supérieur	
	UA A : sols 1-4	UA B : sols 5-7	UA C : sols 8-9	UA D : sols 10-12	UA E : sols 13-18	UA 25
	NMI	NMI	NMI	NMI	NMI	NMI
Insectivora						
<i>Talpa europaea</i>	17	16	19	17	44	4
<i>Erinaceus cf. davidi</i>	-	1	1	1	-	-
<i>Crocidura</i> sp.	-	-	1	-	-	-
<i>Sorex minutus</i>	-	1	1	-	1	3
<i>Sorex</i> gr. <i>araneus</i> / <i>coronatus</i>	1	1	1	2	1	3
<i>Neomys</i> gr. <i>fodiens</i> / <i>anomalus</i>	-	-	-	1	-	-
Chiroptera						
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Miniopterus schreibersii</i>	1	-	1	2	1	-
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Myotis</i> gr. <i>myotis</i> / <i>blythi</i>	-	-	-	-	1	1
<i>Myotis nattereri</i>	-	1	-	-	1	-
<i>Barbastella barbastellus</i>	1	-	-	-	-	0
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	-	-	-	-	1	-
Rodentia						
<i>Eliomys quercinus</i>	1	10	14	10	18	2
<i>Glis glis</i>	2	2	-	-	5	2
<i>Muscardinus avellanarius</i>	2	-	-	1	-	1
<i>Cricetus cricetus</i>	6	2	1	1	2	1
<i>Apodemus sylvaticus</i>	82	138	92	125	213	42
<i>Microtus agrestis</i>	228	350	298	459	438	61
<i>Microtus arvalis</i>	1	-	-	-	-	1
<i>Microtus (Iberomys) brecciensis</i>	2	1	4	4	-	-
<i>Microtus (Terricola) multiplex</i>	14	12	24	23	45	2
<i>Arvicola cantiana</i>	65	82	79	82	68	6
<i>Pliomys boronensis</i>	12	17	17	18	14	6
<i>Pliomys lenki</i>	-	5	3	5	2	-
<i>Marmota marmota</i>	8	4	3	1	1	-

Tableau 3 : Quantification en NMI des micromammifères (insectivores, chiroptères, rongeurs) par unité archéostratigraphique (UA) de la grotte du Lazaret.

NMI : nombre minimal d'individus.

Table 3: Micromammals (insectivores, bats, rodents) quantification in terms of MNI per archaeostratigraphical unit (UA) of Lazaret cave.

MNI: minimum number of individuals.

On observe en outre la présence du gastéropode *Erosaria spurca*, espèce d'origine méridionale, et du madréporaire colonial *Astroides calycularis*, espèce aussi à caractère méridional bien marqué, car son aire de distribution actuelle ne dépasse pas vers le nord 37°88' N sur la côte de la Péninsule ibérique et 40°48' N sur la côte d'Italie, mais elle est signalée à l'état fossile dans le Pléistocène supérieur (stade isotopique 5) de la Pointe de la Vieille (Est de Monaco) et de la grotte de la Coscia (Corse) (Zibrowius, 1995). Ces espèces témoignent aussi d'une mer tempérée, probablement plus chaude que l'actuelle, au stade isotopique 7. L'étude détaillée de cette faune montre que le seul littorinidé présent est *Melarhaphe neritoides*.

La formation continentale du stade isotopique 6 (complexe stratigraphique C)

Bien que ne possédant aucune entrée de sédimentation marine dans la cavité, le complexe stratigraphique C présente la particularité de contenir des tests de gastéropodes marins. Les coquilles ici présentes (plus de 50 espèces), trop petites pour être consommées, semblent avoir été introduites involontairement par les acheuléens, lors des collectes d'al-

gues et de posidonies servant à aménager des litières et/ou à alimenter les foyers (Lumley *et al.*, 2004).

Cette activité anthropique a entraîné l'introduction dans le site de quatre groupes principaux de petits mollusques : les Littorinidés, les Rissoidés, les Cerithidés (dont *Bittium*) et les Trochidés. En ce qui concerne la famille des Littorinidés (Fig. 3), à la présence de *M. neritoides* s'ajoutent deux nouvelles espèces nordiques non représentées dans la plage B (Kadolski et Cataliotti-Valdina, 1999) : *Littorina saxatilis*, espèce atlantique, mais qu'on retrouve ponctuellement vivante en Méditerranée [Lagon de Venise (Italie) et Golfe de Gadès (Tunisie)] et *L. fabalis*, actuellement à distribution exclusivement atlantique, au nord de 38°5 de latitude Nord. La présence au Pléistocène moyen final de ces deux espèces, traduit une descente de faunes océaniques « froides », plus nordiques, en dessous du seuil de Gibraltar vers la Méditerranée (Brebion, 1979; Lecoindre, 1952), comme conséquence d'un refroidissement de la température de la mer, au stade isotopique 6, bien que la faune de l'ensemble C de la grotte du Lazaret reste dans son ensemble de nature relativement tempérée.

	Ensemble stratigraphique C III								Ensemble stratigraphique C II supérieur			
	UA A : sols 1-4		UA B : sols 5-7		UA C : sols 8-9		UA D : sols 10-12		UA E : sols 13-18		UA 25	
	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI	NR	NMI
Urodela												
<i>Triturus cf. alpestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Anura												
<i>Pelodytes punctatus</i>	10	5	12	6	14	6	17	5	59	19	5	2
<i>Bufo bufo</i>	145	22	85	16	81	11	81	14	151	19	22	5
<i>Bufo calamita</i>	93	27	74	19	69	14	64	17	106	19	22	6
<i>Rana (Pelophylax) sp.</i>	1	1	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
<i>Rana temporaria</i>	54	17	61	14	61	12	60	11	92	15	28	6
Lacertilia												
cf. <i>Podarcis</i> + Lacertidae ind.	7	-	12	-	6	-	11	-	38	-	10	-
<i>Lacerta cf. lepida</i>	11	-	4	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Lacerta cf. viridis</i>	1	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-
<i>Anguis fragilis</i>	1	-	3	-	5	-	7	-	20	-	1	-
Serpentes												
Colubridae ind.	-	-	2	-	1	-	2	-	14	-	-	-
<i>Coronella cf. austriaca</i>	-	-	1	-	1	-	1	-	3	-	2	-
<i>Coronella cf. girondica</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Elaphe</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	2	-
<i>Elaphe cf. scalaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Coluber viridiflavus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
cf. <i>Malpolon</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Natrix</i>	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Vipera (V. aspis + V. cf. ursinii)</i>	64	-	55	-	66	-	74	-	199	-	43	-

Tableau 4 : Quantification des amphibiens et des reptiles par unité archéostratigraphique (UA) de la grotte du Lazaret. NR : nombre de restes, NMI : Nombre minimal d’individus.
Table 4: Amphibians and reptiles quantification in terms of NISP and MNI per archaeostratigraphical unit (UA) of Lazaret cave.
NISP: number of identified specimens, MNI: minimum number of individuals.

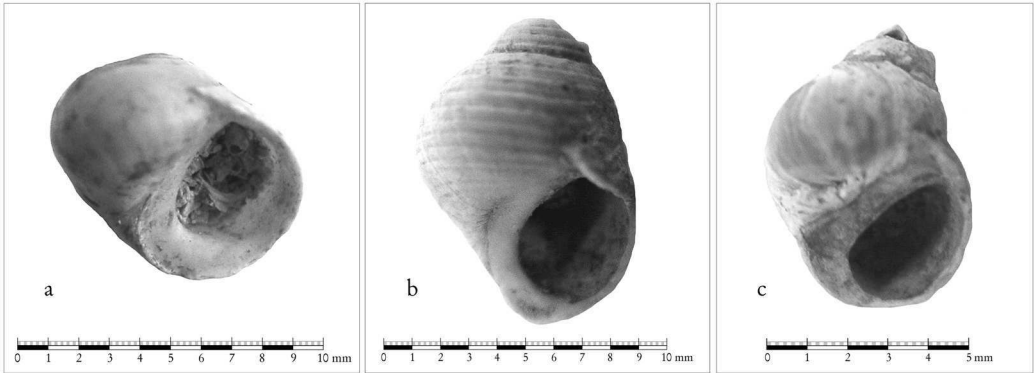


Figure 3 : Littorinidae du complexe stratigraphique C (niveaux archéologiques) de la grotte du Lazaret. a. *Littorina fabalis* (T12-EB7-96834), b. *Littorina saxatilis* (Puits-N5-96891), c. *Melarhaphe neritoides* (T16-IP8-97002).
Figure 3: Littorinidae from stratigraphic complex C (Archaeological levels) of Lazaret cave. a. *Littorina fabalis* (T12-EB7-96834), b. *Littorina saxatilis* (Well-N5-96891), c. *Melarhaphe neritoides* (T16-IP8-97002).

Discussions

De l’étude des coquilles marines récoltées dans les dépôts de la grotte du Lazaret, nous pouvons remarquer que, si au cours du stade isotopique 7 (plage marine B ou complexe stratigraphique B) l’ensemble des gastéropodes et lamelli-branches présents montre un cachet méditerranéen banal, les coraux ici représentés (notamment *Astroïdes calycularis*) et les foraminifères *Orbiculina universa*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber* ainsi que la dominance d’*Elphidium aculeatum* par rapport aux autres représentants du même

genre, indiquent l’existence d’une mer plus chaude que la Méditerranée actuelle. *M. neritoides* semble être le seul représentant de la famille Littorinidae dans la formation côtière de cette période.
Dans le remplissage continental (complexe stratigraphique C) se dégage une évolution vers un refroidissement de la mer marqué principalement par l’apparition des littorinidés nordiques *L. saxatilis* et *L. fabalis*. Ce refroidissement semble être plus important vers le sommet du remplissage (ensemble C III) avec 69 % de littorines nordiques (37,7 %

L. fabalis et 31,3 % *L. saxatilis*) par rapport au total de littorines (Tableau 1), plus atténué dans le niveau supérieur de l'ensemble C II (57,5 % de littorines nordiques, dont 8,2 % pour *L. fabalis* et 49,3 % pour *L. saxatilis*) et surtout dans le niveau correspondant à l'unité archéostratigraphique UA 25, avec seulement 10,5 % (0,6 % pour *L. fabalis* et 9,9 % pour *L. saxatilis*, Lumley *et al.*, 2004).

Si le plancher stalagmitique daté des stades isotopiques 5 à 3 (complexe stratigraphique E) ne permet pas de poursuivre l'évolution faunique dans la grotte, les données contemporaines provenant de la formation de la Ville Marcella en contrebas de celle-ci (Falguères, 1986), montrent un net réchauffement de la mer au stade isotopique 5. Ce réchauffement se traduit au niveau des Littorinidés par la disparition complète des deux taxons nordiques (*L. fabalis* et *L. saxatilis*; signalées à nouveau en Méditerranée au Würm I-II en Sicile [stade isotopique 4; *L. saxatilis*]) et au Tardigravettien de la Baume Goulon et du Rouet (stade isotopique 2; *L. « obtusata »*, Cataliotti-Valdina, 1984; Cade, 2004) et la présence exclusive de *M. neritoides* associée cette fois à *Strombus bubonius*, composant principal des faunes chaudes d'origine sénégalaise et caractéristique du stade isotopique 5,5 (Tyrhénien) du nord de la Méditerranée, mais signalée en Méditerranée, au stade isotopique 7 de la Péninsule Ibérique en dessous du parallèle 40° Nord (Goy *et al.*, 2003). Bien que dans cette formation, il manque la majeure partie des « éléments sénégalais » associés à cette période, la seule présence de *S. bubonius* montre le caractère chaud de la mer (probablement le maximum de réchauffement connu pour la Méditerranée durant le Quaternaire).

3. LES DONNÉES BIOGÉOCHIMIQUES (L. R., D. G. ET D. B.)

La découverte de mollusques marins sur chacune des entités du remplissage de la grotte du Lazaret présente un intérêt particulier dans la mesure où l'analyse isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ ‰) apporte de précieuses informations sur la caractérisation des paléotempératures de la mer Méditerranée aux différentes époques considérées. Ainsi, le remplissage de ce site correspond à une période qui s'étendrait d'une partie du Pléistocène moyen au Pléistocène supérieur (300 000-60 000 ans).

La présence de coquilles sur la quasi-totalité des ensembles stratigraphiques définis a deux origines possibles :

- les organismes sont en place ce qui correspond aux sédiments des plages A et B. L'occupation du site par ces mollusques est rendue possible par des phénomènes d'eustatisme et de tectonique;

- l'apport serait anthropique pour une partie des coquilles; cette possibilité est attestée par la découverte de nombreux outils préhistoriques mis au jour lors des fouilles.

En ce qui concerne la caractérisation des variations de la température de l'eau de la mer aux périodes considérées, il est important de souligner que les variations de la température de l'eau, entre les périodes glaciaires et interglaciaires, correspondraient à des valeurs assez proches, voisines de quelques degrés (5 °C). Par ailleurs, si l'on envisage que ces valeurs soient significatives, il faut admettre en général que les organismes fabriquent leur coquille, de façon continue au cours des différentes saisons. D'autre part, si l'on considère que la teneur en carbonate de la coquille se réalise à l'équilibre avec l'eau de mer, l'évaluation de la valeur $\delta^{18}\text{O}$ ‰ des coquilles pour chacune des unités stratigraphiques, nous permettra d'évaluer les variations climatiques survenues au cours du remplissage archéologique. Les valeurs $\delta^{18}\text{O}$ ‰ d'une partie du matériel étudié sont présentées dans le tableau 1 et sont, en général, en accord avec les variations climatiques observées à l'échelle globale (océan Pacifique, océan Atlantique...). La découverte d'espèces caractéristiques telles que *Strombus bubonius* nous a amenés à comparer les données isotopiques fossiles et actuelles pour certains taxons (*Strombus bubonius*, *Spondylus*, *Melarhaphé*). Les analyses comparatives sont en cours de réalisation. Toutefois, la présence de certains organismes caractérise des niches écologiques bien identifiées actuellement. Les spondyles (stade isotopique 7; $\delta^{18}\text{O}$ = -1 ‰) trouvés dans la plage marine B valident les données isotopiques qui indiquent des paléotempératures de la mer Méditerranée du même ordre de grandeur que la mer actuelle. L'analyse d'un spondyle actuel prélevé au cap Ferrat devrait confirmer cette hypothèse. La présence de certaines espèces de littorines (stade isotopique 6, $\delta^{18}\text{O}$ = +1 ‰), mieux adaptées aux mers froides témoigne d'un refroidissement de la mer à cette époque. La présence de *Strombus bubonius* dans les sédiments de la villa Marcella, confirme un réchauffement notable de la mer méditerranée (stade isotopique 5, $\delta^{18}\text{O}$ = -0,5 ‰) et valide l'augmentation de la répartition géographique de cette espèce au cours du stade isotopique 5.

4. LES DATATIONS RADIOMÉTRIQUES (V. M.)

Les premières datations ont été réalisées, il y a une quarantaine d'années, dans une des deux plages marines de la grotte, (Stearns et Thurber, 1965) puis de nombreuses autres analyses ont été effectuées dans les différents niveaux continentaux du remplissage. Les divers prélèvements ont été

datés par la méthode U-Th et par la méthode ESR. Il s'agit en particulier des coraux de la plage B (complexe inférieur), (Bahain, 1993; Michel *et al.*, 2000; Michel et Yokoyama, 2001), des restes fauniques du complexe stratigraphique C constitué par les ensembles archéologiques CI, CII et CIII (Michel, 1995; Michel *et al.*, 2000; Michel et Yokoyama, 2001) et du plancher stalagmitique E (complexe supérieur) (Falguères *et al.* 1992; Shen, Turpin et Ghaleb, 1995 *in* Michel *et al.*, 2000).

Datation de la plage marine B

Parmi l'ensemble des analyses en datation effectuées sur la plage B (voir Michel et Yokoyama, 2001), c'est la datation U-Th des coraux (*Cladocora caespitosa*), prélevés à l'entrée de la grotte, dans le puits et au fond de la grotte (zone R25), qui a conduit à donner le repère chronologique le plus significatif pour ce niveau marin. Elle permet aussi d'attribuer une limite d'âge aux niveaux archéologiques du complexe C, sus-jacents. L'étude de la conservation des coraux par diffraction des RX a montré que plus le degré d'altération du corail fossile est élevé, de par la transformation de l'aragonite originelle en calcite, et plus l'âge U-Th est surestimé. La transformation du minéral entraîne une perte d'uranium. Ainsi, la plage marine B du Lazaret serait contemporaine du stade isotopique 7, mais l'âge U-Th de 238 ka (Bahain,

1993) obtenu sur les coraux les moins altérés d'après Michel et Yokoyama (2001), peut être considéré comme étant l'âge maximal pour ce niveau marin (Fig. 4).

Datation du plancher stalagmitique E

La datation U-Th des prélèvements de plancher stalagmitique E, et en particulier celle de la tranchée TRA(-H) par TIMS (en zone N21) où le plancher atteint trente centimètres d'épaisseur et recouvre l'ensemble stratigraphique et archéologique CIII, a permis d'apporter un repère chronologique supérieur au remplissage. En effet, l'étude des données U-Th par spectrométrie alpha (Falguères *et al.*, 1992) et par spectrométrie de masse à ionisation thermique TIMS (Shen, Turpin et Ghaleb, 1995 *in* Michel *et al.*, 2000) montre que le plancher E s'est formé au cours des stades isotopiques 5, 4 et 3 (Fig. 4, Tableau 1). L'utilisation de la technique TIMS, la plus précise sur ce type d'échantillonnage, conduit à un domaine d'âge compris entre 108 ka et 44 ka pour la base et le sommet de la tranchée TRA (-H).

Datation des niveaux archéologiques C

La datation ESR/U-Th combinée a été réalisée sur l'émail de dents prélevées sur des mâchoires de cerfs. Les échantillons sont bien conservés (Michel *et al.*, 1995). Les

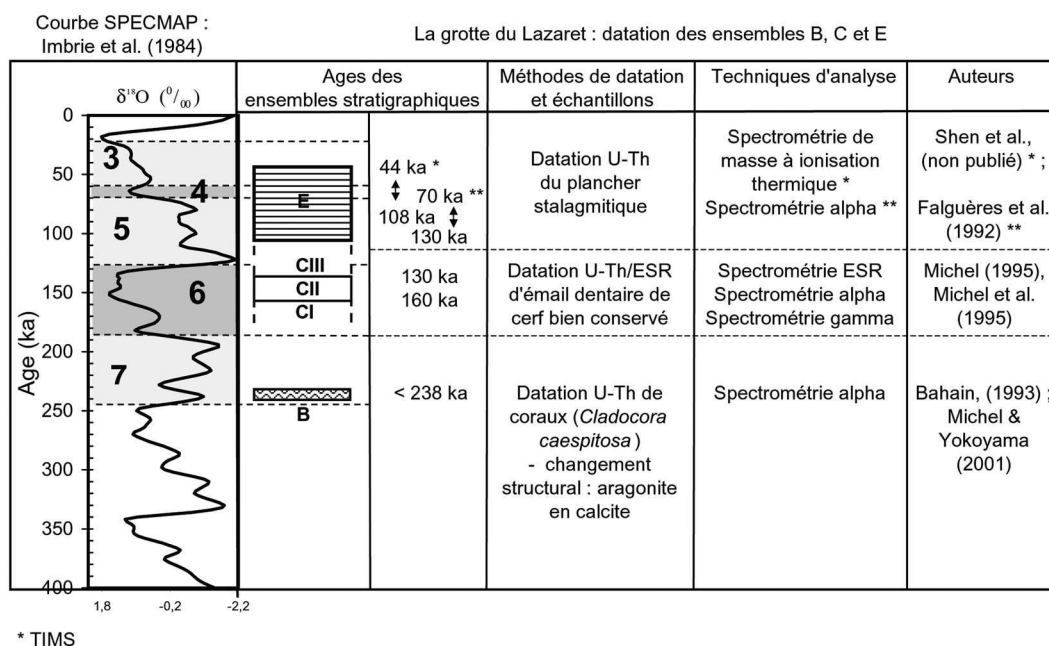


Figure 4 : Représentation globale des datations U-Th et ESR des complexes stratigraphiques B, C et E de la grotte du Lazaret.

Figure 4 : An overall representation of U-Th and ESR dating of stratigraphical complexes B, C, E of Lazaret Cave.

âges ESR EU (*early uptake*) et LU (*linear uptake*) (Ikeya, 1993) sont présentés dans le tableau 5 ainsi que les âges U-Th (Michel *et al.*, 2000). La combinaison des données U-Th et ESR conduit à la détermination de p , paramètre d'incorporation d'uranium dans l'échantillon. Dans l'ensemble C III, deux échantillons présentent un âge U-Th supérieur à l'âge ESR EU avec deux valeurs de p de $-1,1$, en dehors du domaine de définition de Grün *et al.* (1988) ($D : p > -1$). Les résultats de cet ensemble C III ne sont pas concluants. Pour l'ensemble C II supérieur, le paramètre p indique un mode compris entre les modes EU ($p = -1$) et LU ($p = 0$) (Tableau 5). Les moyennes pondérées déterminées à partir des âges ESR (EU) et (LU) de l'ensemble CII supérieur conduisent à un domaine d'âge compris entre 130 et 160 ka. Dans le Locus VIII, on note un rajeunissement des âges ESR par rapport au niveau CII supérieur. Des fluctuations d'uranium plus importantes dans cette zone de la grotte sont observées avec une détermination plus délicate de l'âge. Les deux datations non concor-

dantes de l'ensemble C I ne permettent pas d'aboutir à une conclusion chronologique. En résumé, les datations de l'ensemble C II supérieur sont les plus représentatives et permettent de situer le complexe stratigraphique C contemporain du stade isotopique 6 de l'oxygène, de 130 à 160 ka environ.

5. CONCLUSIONS

L'étude de l'évolution du climat et du paléoenvironnement du site du Lazaret présente un intérêt majeur car nous disposons d'une séquence sédimentaire relativement continue de la fin du Pléistocène moyen au début du Pléistocène supérieur. Elle renferme non seulement des vestiges fauniques du milieu continental dans ses différents aspects, mais aussi des vestiges de plages fossiles et des tests de mollusques marins introduits involontairement par l'homme, permettant d'inférer les variations de température des eaux de la

Grotte			Z		*** Age ESR (ka)		U-Th	ESR/U-Th
Lazaret	** Ens.	N° lab.*	(cm)	Zone	EU	LU	alpha (ka)	p^{****}
Fouille d'entrée Fouille centre	CIII	E24e	-235,5	P11	108 ± 6	133 ± 8	100 (+8/-7)	nd
		E565e	-265	P9	116 ± 17	137 ± 9	123 (+12/-11)	nd
		E696e	-274	O8	125 ± 7	160 ± 9	133 (+12/-11)	nd
	CII sup.	E1353e	-318	S15	127 ± 8	152 ± 9	88 (+8/-7)	-0,5
		F354e	-304	T24	165 ± 10	210 ± 12	130 (+16/-13)	-0,9
		E1334e	-317	Q16	120 ± 7	154 ± 9	86 (+7/-6)	-0,4
		E770e	-326	R9	128 ± 7	164 ± 9	149 (+15/-13)	nd
		F472e	-325	T23	144 ± 9	187 ± 12	96 ± 7	-0,4
		F72e	-362	W24	139 ± 9	173 ± 12	90 (+9/-8)	-0,3
		F3396e	-387	X23	113 ± 8	147 ± 10	72 ± 5	-0,2
		moyenne pondérée			131 ± 6	165 ± 8		
Locus VIII	CII inf.	L17e	-370	E11	98 ± 6	120 ± 8	54 ± 3	0,0
		L22e	-400	G13	123 ± 8	145 ± 9	57 ± 4	0,3
		L23e	-435	G13	110 ± 7	131 ± 9	138 (+32/-23)	-0,5
		L75e	-460	G13	113 ± 7	144 ± 9	65 (+6/-5)	0,1
		L69e	-470	H11	128 ± 8	157 ± 10	67 ± 4	0,1
		moyenne pondérée			112 ± 5	138 ± 6		
	CI	L23ae	-585	G12	80 ± 6	86 ± 7	138 (+32/-23)	nd
		L80e	-660	G12	164 ± 10	197 ± 13	198 (+55/-34)	nd

* E = Fouille d'entrée, F = Fouille centre, L = Locus VIII, e = émail ; Epaisseur émail = 1mm, Epr. = épaisseur retirée à chaque face = 50 µm, d(émail) = 3.04 g/cm³ ; ** Ens. = ensemble stratigraphique ;

Age ESR = DE / D total déterminé à l'aide du programme : DATA de Grün (2006) avec DE = Dose équivalente ; Dose annuelle : D total = D ext. + D int. + D cos. D ext.sed. = dose externe du sédiment calculée à partir des teneurs en U, Th, K, Ra et Rn des sédiments prélevés ; Dose β-sed, D ext. (dentine) et D int. (émail) calculées à partir des teneurs en uranium, rapports isotopiques (²³⁴U/²³⁸U et ²³⁰Th/²³⁴U) mesurés par spectrométrie alpha (Michel *et al.*, 2000) ; EU = early uptake, LU = linear uptake (Ikeya, 1993) ; Teneur en eau (%) : sédiment (CII) = 20 ± 10, sédiment (CI, CII) = 30 ± 10, dentine = 15 ± 10, émail = 2 ± 1 ; $k \alpha = 0,13$ (Grün et Katzenberger, 1994) ; * p est le paramètre d'entrée de U obtenu par la méthode ESR/U-Th combinée en utilisant : $U = U_m (t / T)^{p+1}$ (Grün *et al.*, 1988) où U_m la teneur en uranium mesurée, U est la teneur en U au temps t, T est l'âge.

Tableau 5 : Datation ESR/U-Th de l'émail dentaire de cerf des niveaux archéologiques de la grotte du Lazaret.

Table 5: ESR/U-Th dating of *Cervus elaphus* dental enamel from archaeological levels of lazaret cave.

Méditerranée et notamment celle de la mer du stade 6 qui est totalement inconnue à ce jour tant dans les formations géologiques sous-marines que terrestres.

La plage marine du stade 7 présente un cachet tempéré mis en évidence par la présence du madréporaire *Astroides calycularis* et de certains foraminifères (dont *Globigerinoides ruber* et *Elphidium aculeatum*). Les analyses biogéochimiques obtenues à partir des spondyles indiquent des paléotempératures de la Méditerranée de même ordre de grandeur que la mer actuelle.

Les faunes de vertébrés (grands mammifères et rongeurs) identifiées dans les niveaux archéologiques de la grotte (complexe stratigraphique C) sont datées du Pléistocène moyen final (stade isotopique 6). Les données sont en accord avec les datations radiométriques établies par ailleurs, qui donnent un âge d'environ 130 à 160 ka à l'ensemble stratigraphique C II supérieur. Ces associations fauniques indiquent des milieux variés aux alentours du gisement. Le climat de la région à cette période était globalement plus frais et plus humide par rapport à l'actuel, avec une influence alpine très marquée. L'ensemble de la communauté des grands mammifères et des microvertébrés (rongeurs, insectivores, chiroptères, amphibiens, reptiles) est relativement homogène de la base au sommet du remplissage. Seules quelques fluctuations dans les proportions de certaines espèces enregistrées au sein du complexe stratigraphique C seraient liées à de petites oscillations climatiques au sein du stade isotopique 6 et montreraient dans l'ensemble un refroidissement de l'ensemble C II sup à l'ensemble C III.

Le remplissage continental contient des restes de coquilles marines importées involontairement par les hommes lors du ramassage de végétaux marins pour alimenter les foyers et/ou aménager leur habitat. La présence de ces coquilles nous permet de connaître en partie le cortège de mollusques marins vivant sur le littoral de la mer du stade isotopique 6. À cette époque, on note en Méditerranée la présence de taxons nordiques à caractère froid (*Littorina fabalis* et *Littorina saxatilis*). Ce refroidissement de la mer est aussi attesté par les analyses isotopiques de l'oxygène. Au sein du remplissage continental, les proportions relatives des littorinidés obtenues dans les différents ensembles stratigraphiques indiquent une accentuation du refroidissement de la mer vers le sommet du remplissage, confirmée par les données des paléotempératures.

La plage de la villa Marcella, en contrebas de la grotte, a été déposée par une mer tyrrhénienne riche en *Strombus bubonius* confirmant le réchauffement notable au stade 5 de la Méditerranée. Ce réchauffement observé sur la faune de mollusques marins paraît moins accusé au niveau des résultats des paléotempératures obtenues à partir de la composition isotopique de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$).

Remerciements

Nous remercions vivement Monsieur Letolle pour sa précieuse contribution à l'interprétation des analyses préliminaires sur les isotopes de l'oxygène. Une partie des analyses présentées ici fait suite à la découverte exceptionnelle de l'unité archéostratigraphique UA 25 de la grotte du Lazaret; aussi, nous remercions l'équipe du laboratoire départemental de Préhistoire du Lazaret, et en particulier Samir Khatib qui a dirigé les travaux de terrain et Annie Echassoux, archéologue départementale.

Bibliographie

- ABBASSI, M., DESCLAUX, E., MARQUET, J.-C. et CHALINE, J., 1998. Répartition et évolution des *Arvicola* Lacépède, 1799 (*Mammalia*, *Rodentia*) au cours du Pléistocène moyen et supérieur en France et en Ligurie, *Quaternaire*, 9 (2), p. 105-116.
- AOURAGHE, H., 1992. *Les faunes de grands mammifères du site Pléistocène moyen d'Orgnac 3 (Ardèche, France). Étude paléontologique et palethnographique. Implications paléoécologiques et biostratigraphiques*, Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, France.
- BAHAIN, J.-J., 1993. *Datation par résonance de spin électronique (ESR) de carbonates et d'émail dentaire quaternaires : potentiel et problèmes*, Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, France.
- BREBION, P., 1979. Étude biostratigraphique et paléoécologique du Quaternaire marocain, *Annales de Paléontologie. Invertébrés*, 65 (1), p. 1-42.
- CADE, C., 2004. Malacofaunes méditerranéennes des côtes françaises et ligures, in Brugal, J.-P. et Desse, J. (éd.), *Petits animaux et sociétés humaines du complément alimentaire aux ressources utilitaires*, XXIV^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, APDCA, Antibes, p. 29-35.
- CATALIOTTI-VALDINA, J., 1984. Littorines quaternaires de Méditerranée, *Quaternaire*, 4, p. 211-219.
- CAUCHE, D., 2002. *Les cultures moustériennes en Ligurie italienne : étude des industries lithiques des grottes de la Madonna dell'Arma, d'Arma delle Manie et de Santa Lucia Superiore*, Thèse de Doctorat, Université de la Méditerranée, Aix-Marseille II, France.
- CLOT, A., 1980. *La grotte de la Carrière (Gerde, Hautes-Pyrénées). Stratigraphie et paléontologie des Carnivores*, Thèse de 3^e cycle, Travaux Laboratoire de Géologie de Toulouse, France.
- CRÉGUT-BONNOURE, E., 1992. Intérêt biostratigraphique de la morphologie dentaire de *Capra* (*Mammalia*, *Bovidae*), *Annales Zoologici Fennici*, 28, p. 273-290.

- DESCLAUX, E., ABBASSI, M., MARQUET, J.-C., CHALINE, J. et KOLFSCHOTEN, T. VAN, 2000. Distribution and evolution of *Arvicola* Lacépède, 1799 (*Mammalia*, *Rodentia*) in France and Liguria (Italy) during the Middle and the Upper Pleistocene, *Acta zoologica cracoviensia*, 43 (1-2), p. 107-125.
- FALGUÈRES, C., 1986. *Datations de sites acheuléens et moustériens du Midi Méditerranéen par la méthode de Résonance de Spin Electronique*, Thèse de Doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, France.
- FALGUÈRES, C., LUMLEY, H. DE et BISCHOFF, J. L., 1992. U-series dates for stalagmitic flowstone E (Riss/Würm interglaciation) at grotte du Lazaret, Nice, France, *Quaternary Research*, 38, p. 227-233.
- GENIEZ, Ph. et CHEYLAN, M., 1987. *Atlas de distribution des reptiles et amphibiens du Languedoc-Roussillon*, Montpellier, Laboratoire de Biogéographie et Écologie des Vertébrés/École Pratique des Hautes-Études et Groupe de Recherche et d'Information sur les Vertébrés.
- GOY, J. L., HILLAIRE-MARCEL, C., ZAZO, C., GHALEB, B., DABRIO, C. J., GONZALEZ, A., BARDAJI, T. et CIVIS, J., 2003. U-series ages of coral-bearing littoral deposits with *Strombus bubonius* of OIS 7 from La Marina (Alicante, SE Spain). A reappraisal of the Tyrrhenian chronostratigraphy in the Mediterranean Sea, *Puglia 2003-Final Conference Project IGPC 437, GPS Coast, Research Publication*, 4, p. 109-112.
- GRÜN, R., SCHWARCZ, H. P. et CHADAM, J., 1988. ESR dating of tooth enamel: coupled correction for U-uptake and U-series disequilibrium, *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 14, p. 237-241.
- GRÜN, R. et KATZENBERGER-APEL, O., 1994. An Alpha irradiator for ESR dating, *Ancient TL*, 12, p. 5-38.
- GRÜN, R., 2006. *ESR-DATA. Unpublished Computer Program*, Canberra, Research School of Earth Sciences.
- GUADELLI, J.-L., 1987. *Contribution à l'étude des zoocénoses pré-historiques en Aquitaine (Würm ancien et interstade würmien)*, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux I, France.
- HEINRICH, W. D., 1978. Zur biometrischen Erfassung eines Evolutionstrends bei *Arvicola* (Rodentia, Mammalia) aus dem Pleistozän Thüringens, *Säugetierkd Informationen*, 2/3, p. 21.
- HEINRICH, W. D., 1982. Zur Evolution und Biostratigraphie von *Arvicola* (Rodentia, Mammalia) im Pleistozän Europas, *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 10, p. 683-735.
- IKEYA, M., 1993. *New applications of electron spin resonance : dating, dosimetry and microscopy*, Singapore, M. R. Zimmerman, N. Whitehead (ed.), World Scientific.
- IMBRIE, J., HAYS, J. D., MARTINSON, D. J., MC INTYRE, A., MIX, A. C., MORLEY, J. J., PISIAS, N. G., PRELL, W. L. et SHACKLETON, N. J., 1984. The orbital theory of Pleistocene climate : support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record, in Berger, A. L., Imbrie, J., Hays, J., Kukla, G. et Saltzman, B. (dir.), *Milankovitch and climate I*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Compagny, p. 269-305.
- KADOLSKI, D. et CATALIOTTI-VALDINA, J., 1999. Révision de la répartition des Littorinidae (Gasteropoda : Prosobranchia) dans le Quaternaire de la Méditerranée, *Revue de Paléobiologie*, Genève, 1998, 18 (1), p. 85-104.
- LECOINTRE, G., 1952. Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marin de la côte atlantique du Maroc, *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 99, t. 2, Paléontologie, 173 p.
- LUMLEY H. DE, KHATIB, S., ECHASSOUX, A. et TODISCO, D., 2001. Les lignes de rivage quaternaires en relation avec les sites paléolithiques des Alpes-Maritimes et de la Ligurie occidentale, *Revue d'Archéométrie*, 25, p. 125-134.
- LUMLEY, H. DE, ECHASSOUX, A., BAILON, S., CAUCHE, D., DE MARCHI, M.-P., DESCLAUX, E., EL GUENNOUNI, K., KHATIB, S., LACOMBAT, F., ROGER, T. et VALENSI, P., 2004. *Le sol d'occupation acheuléen de l'unité archéostratigraphique UA 25 de la grotte du Lazaret. Nice, Alpes-Maritimes, Aix-en-Provence*, Edisud.
- MICHEL, V., 1995. *Étude des influences des processus de fossilisation sur le fondement de la datation radiométrique. Application à la datation par U-Th et ESR de mâchoires (os, dent) de Cervus elaphus des niveaux archéologiques de la grotte du Lazaret*, Thèse de Doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, France.
- MICHEL, V., ILDEFONSE, Ph. et MORIN, G., 1995. Chemical and structural changes in *Cervus elaphus* tooth enamels during fossilization (Lazaret cave) : a combined IR and XRD Rietveld analysis, *Applied Geochemistry*, 10, p. 145-159.
- MICHEL, V., YOKOYAMA, Y., FALGUÈRES, C. et IVANOVICH, M., 2000. Problems Encountered in the U-Th Dating of Fossil Red Deer Jaws (Bone, Dentine, Enamel) from Lazaret Cave: a Comparative Study with Early Chronological Data, *Journal of Archaeological Science*, 27, p. 327-340.
- MICHEL, V. et YOKOYAMA, Y., 2001. Méthodes U-Th/ESR en Préhistoire et problèmes d'altération des matériaux : exemple de la datation des carbonates et apatites de la grotte du Lazaret, in Barrandon, J.-N., Guibert, P., Michel, V. (éd.), *Datation*, Actes des XXI^e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 19-21 octobre 2000, Antibes, APDCA, p. 187-205.
- PSATHI, E., 2003. *Les sites moustériens de la Caverna delle Fate et de l'Arma delle Manie (Ligurie, Italie). Étude paléontologique et archéozoologique des faunes des grands mammifères*, Thèse de Doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, France.
- STEARNS, C. E. et THURBER, D.L., 1965. ^{230}Th - ^{234}U dates of late Pleistocene marine fossils from the Mediterranean and Moroccan littorals, *Quaternaria*, 7, p. 29-42.
- VALENSI, P., 1994. *Les grands mammifères de la grotte du Lazaret, Nice. Étude paléontologique et biostratigraphique des Carnivores*.

Archéozoologie des grandes faunes, Thèse de Doctorat, Museum National d'Histoire Naturelle de Paris, France.

- VALENSI, P. et ABBASSI, M., 1998. Reconstitution de paléoenvironnements quaternaires par l'utilisation de diverses méthodes sur une communauté de mammifères – Application à la grotte du Lazaret, *Quaternaire*, 9 (4), p. 291-302.
- VALENSI, P. et PSATHI, E., 2004. Faunal exploitation during the Middle Palaeolithic in South-eastern France and North-western Italy. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14, p. 256-272.
- VALENSI, P., PSATHI, E. et LACOMBAT, F., 2004. Le cerf élaphe dans les sites du Paléolithique moyen du sud-est de la France et de

Ligurie. Intérêts biostratigraphique, environnemental et taphonomique, *BAR International Series*, 1271, p. 97-106.

- YOKOYAMA, Y., NGUYEN, H. V., QUAEGBEUR, J.-P. et POUPEAU, G., 1982. Some problems encountered in the evaluation of annual dose-rate in the electron spin resonance dating of fossil bones, *PACT* 6, p. 103-115.
- ZIBROWIUS, H., 1995. The “southern” *Astroïdes calycularis* in the Pleistocene of the northern Mediterranean- An indicator of the climatic changes (Cnidaria, Scleractinia), *Geobios*, 28(1), p. 9-16.